



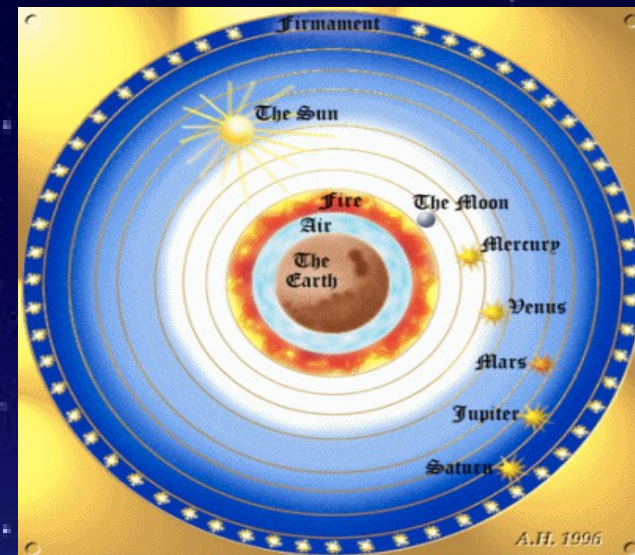
## Aula 4

# Sistemas de Referência

O que é possível observar a olho nú no Céu Noturno...



# Céu Noturno e o Movimento dos Astros a Olho Nú



Astros “parecem” pertencer a uma esfera imaginária definida pelos antigos gregos como **Esfera Celeste**

Sabemos hoje que estes astros que parecem estar fixos na **Esfera Celeste** é equivocada, já que estimativas da distância de milhares de objetos que medimos mostra que eles estão a diferentes distâncias da Terra.



A olho nú observamos :

O Sol, a Lua e 5 planetas (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno);

Cometas mais brilhantes; meteoros que queimam na atmosfera;

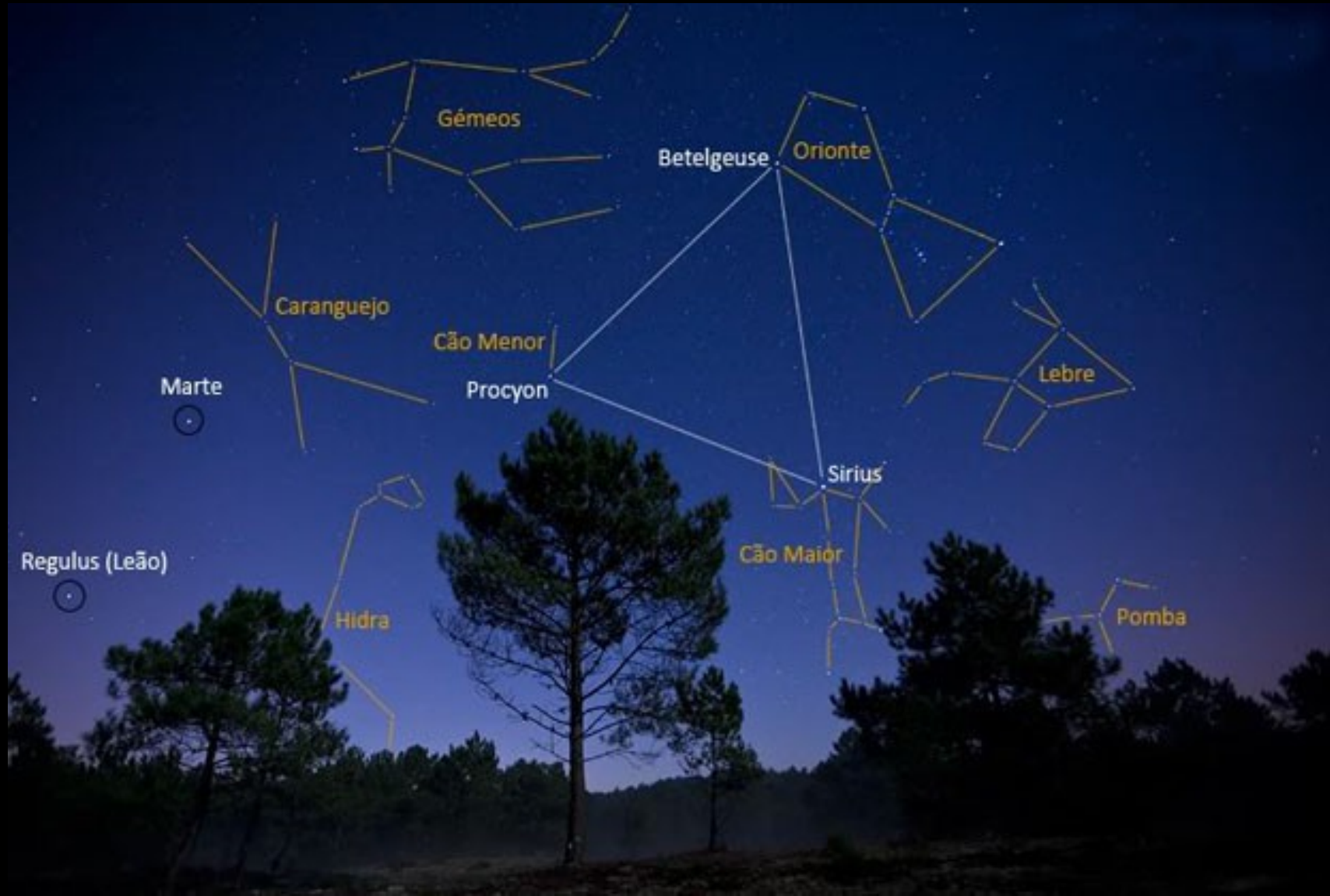
Cerca de 5000 estrelas;

Looking west  
8 P.M., April 1

© 2006 Astronomy

Observando o Céu Noturno a Olho Nú, percebemos 3 fenômenos:

1- Grupos de estrelas “fixas”, padrões, que na antiguidade foram associados a figuras da mitologia, denominados **Constelações**





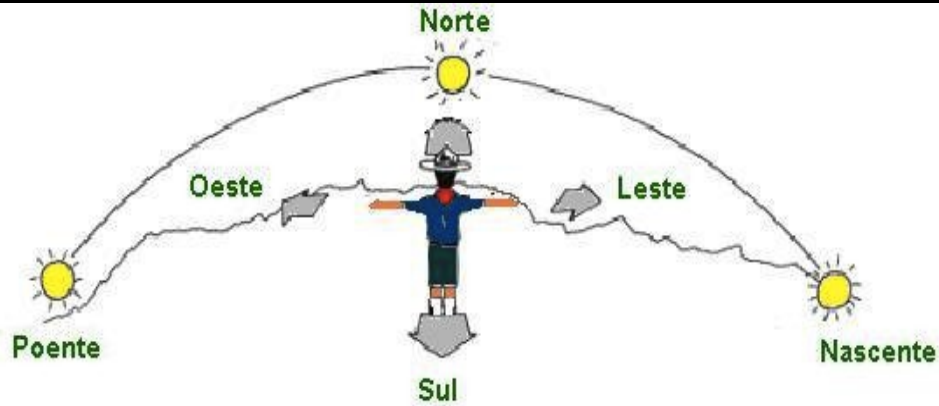
## 2 - Alguns astros “caminham” entre os grupos de estrelas: “estrelas errantes” (planetas)



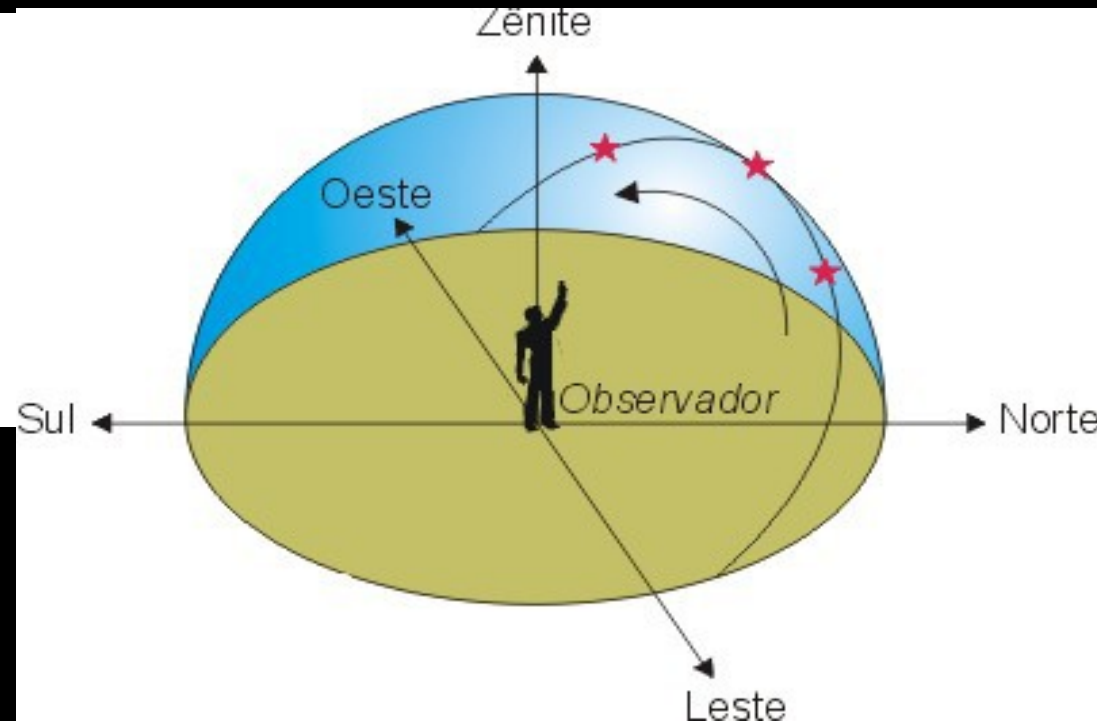
Sabemos hoje que os planetas estão a distâncias menores que as estrelas, então podemos perceber seus movimentos...

### 3 - Movimento Regular dos Astros em diferentes escalas de tempo...

Constelações, Sol e astros se movimentam na Esfera Celeste de **Leste para Oeste (Fig.1)**.



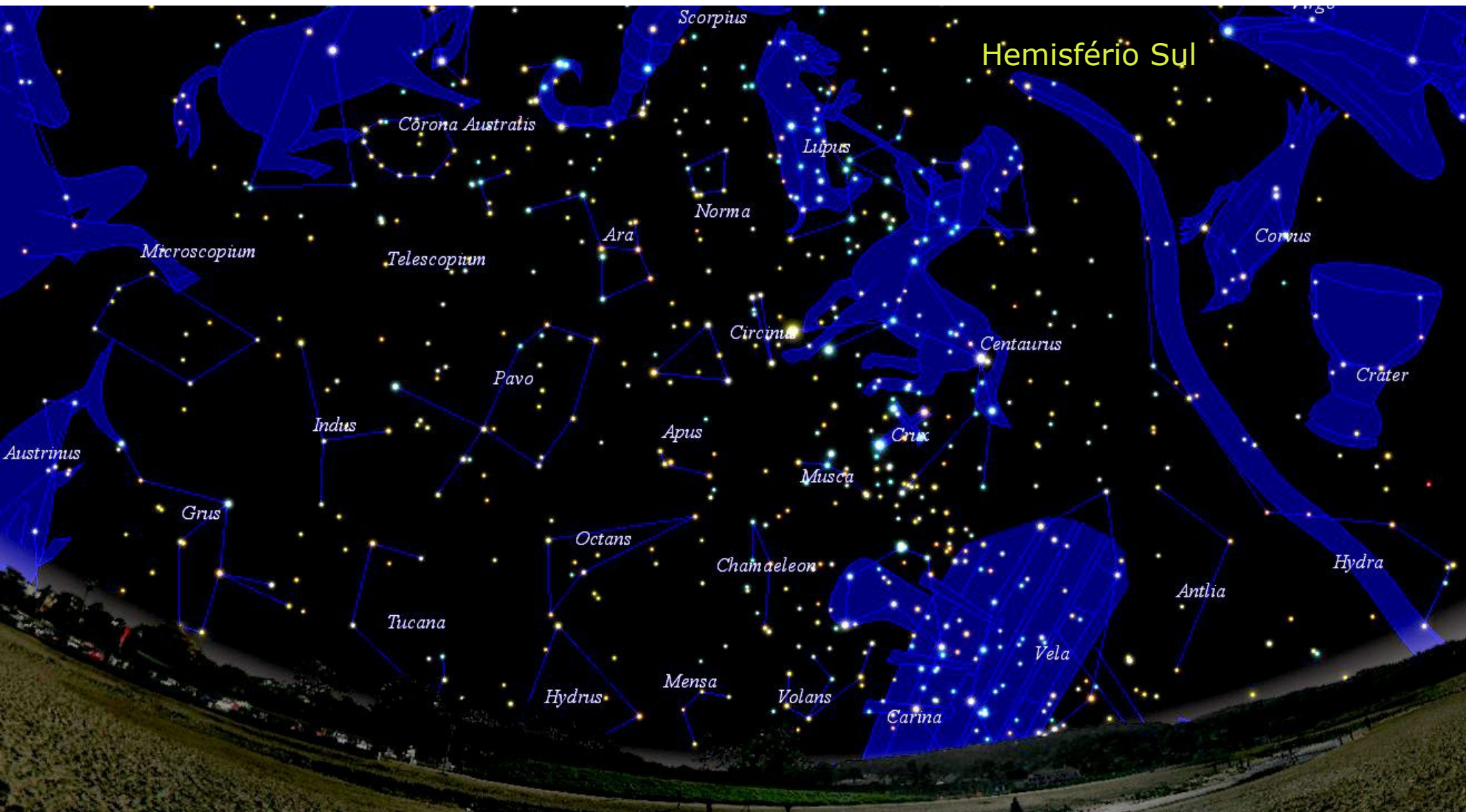
Orientação dos Pontos Cardeais  
no Hemisfério Sul



Veremos adiante detalhes destes movimentos -->

Vamos inicialmente comentar o 1º caso....  
As constelações e sua utilidade

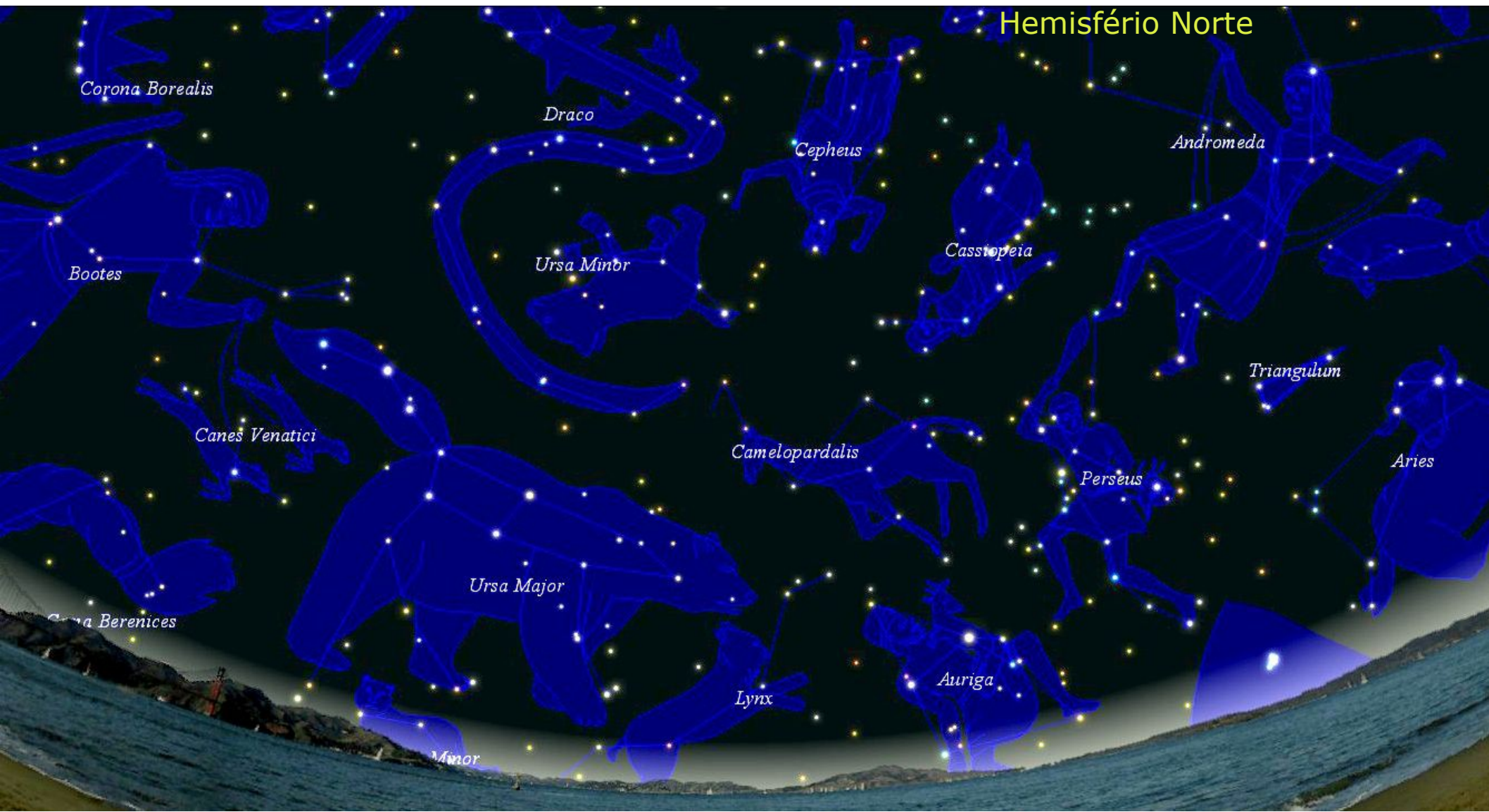
## Constelações observadas no Hemisfério Sul





Não são as mesmas constelações observadas no Hemisfério Norte

...e diferentes culturas têm diferentes constelações representando objetos ou criaturas diferentes

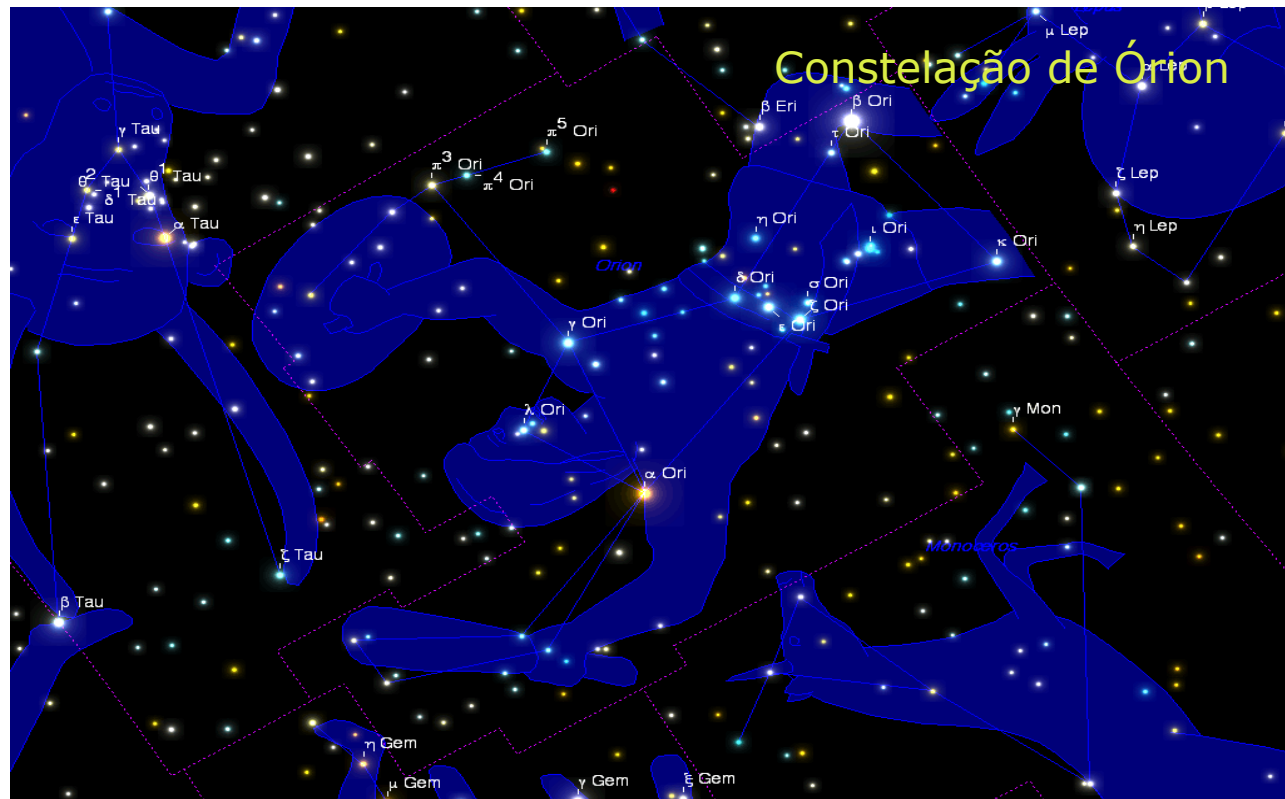


## Constelações: organizadas da seguinte forma...

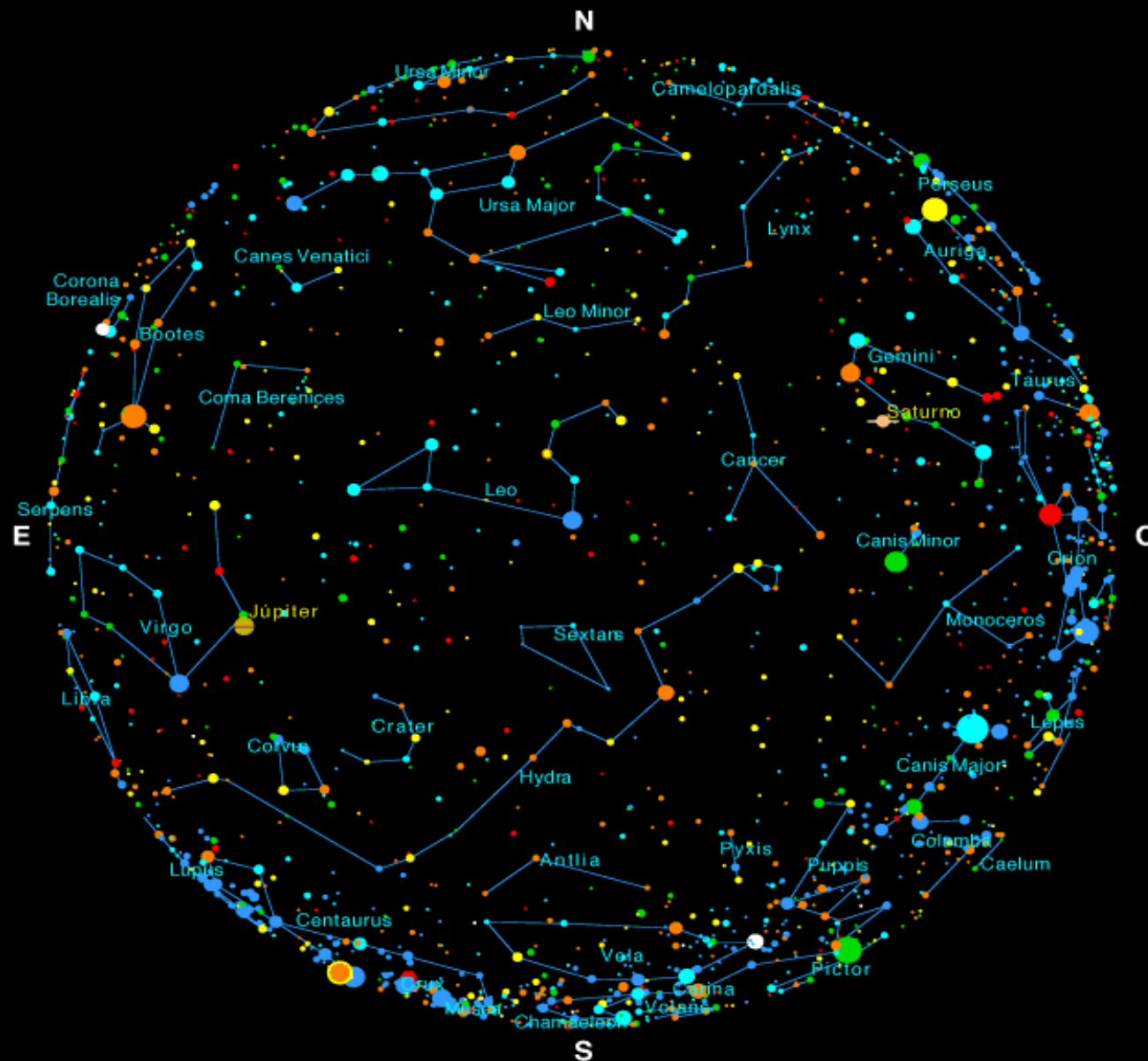
As estrelas são ordenadas segundo seu **brilho aparente**, proposto por Bayer em 1603

A mais brilhante é representada pela letra grega alfa ( $\alpha$ ), a segunda mais brilhante beta ( $\beta$ ), depois gama ( $\gamma$ ), etc...Ex. Alfa-centauri

Quando termina o alfabeto grego utiliza-se as letras A, B, C, ... AA, AB, AC, ....



# Constelações Distribuídas em toda a “Esfera Celeste”





# Constelações utilidade

Desde a antiguidade as estrelas são utilizadas como meio de orientação, localização

Em 1928, a União Astronômica Internacional - UAI organiza a esfera celeste em várias divisões, da seguinte forma:

- 88 constelações, limites traçados em 1930 por Eugène Delport.
- Maioria vem da Grécia antiga, passando pela Europa renascentista.
- Facilita a localização de objetos de estudo. Ex: Maior Lobulo de rádio na constelação de Leão Menor, e a **Chuva de Meteoros Perseidas...que ocorre em agosto de cada ano**



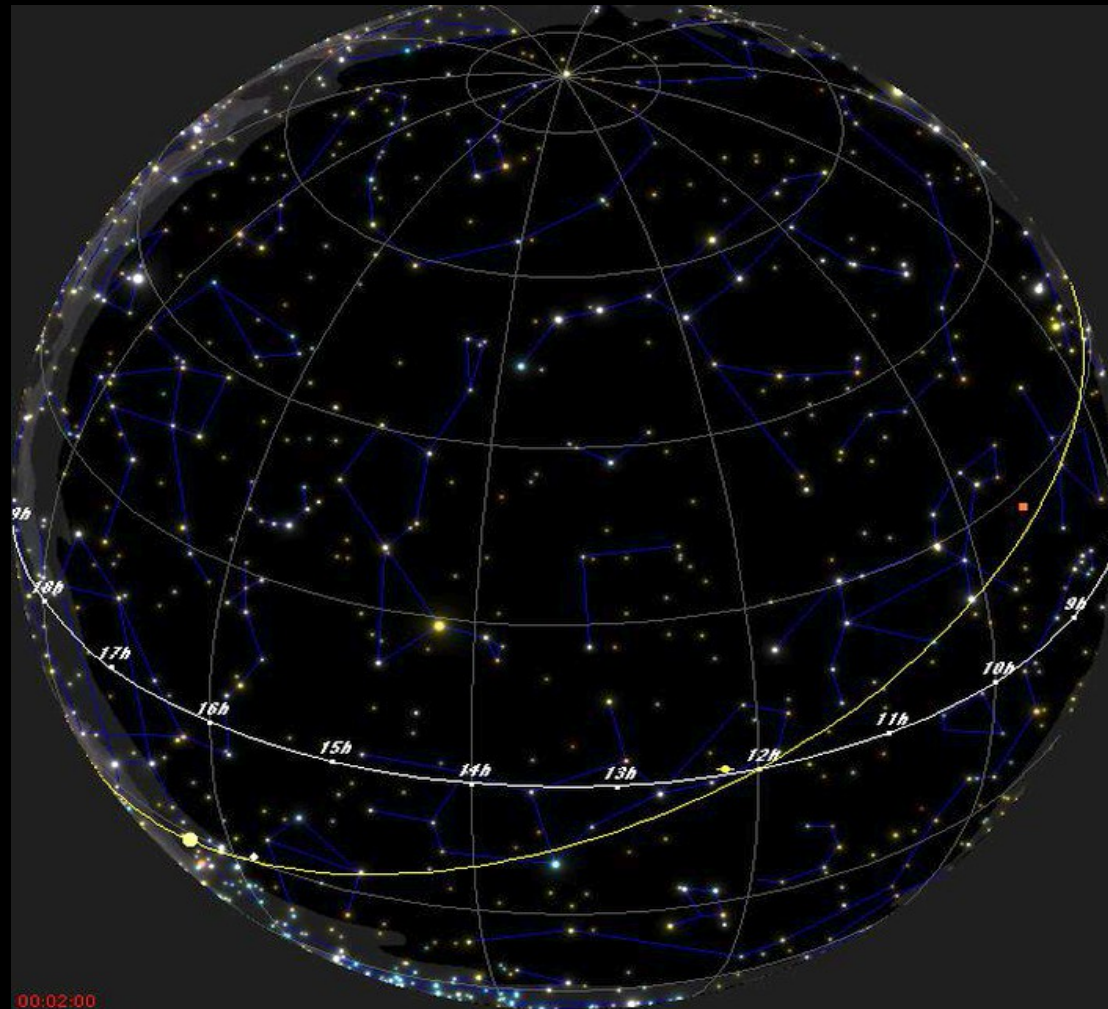
Uranografia ou cartografia estelar: mapeamento de estrelas, galáxias e outros objetos, na esfera celeste.

Uranografia de Bayer, 1603, detalhe Centauro.

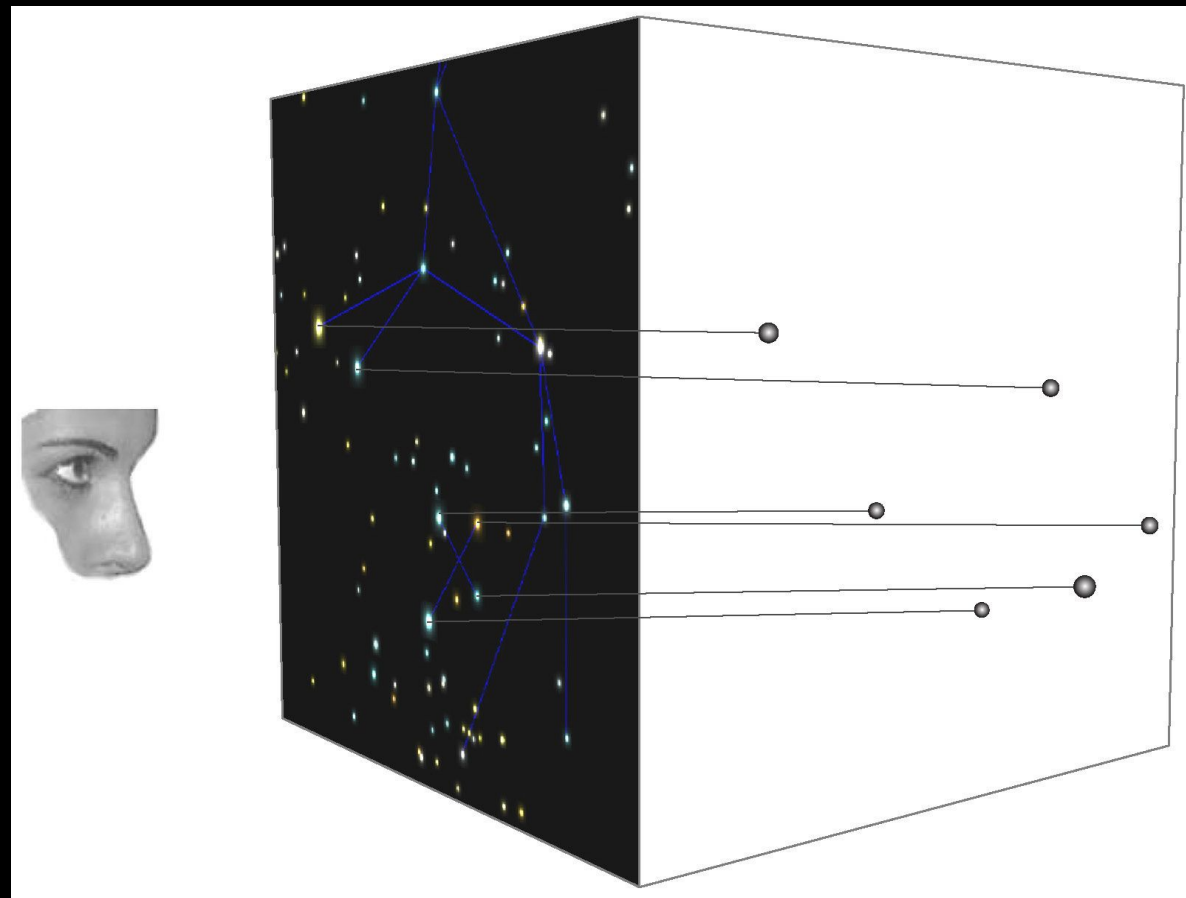
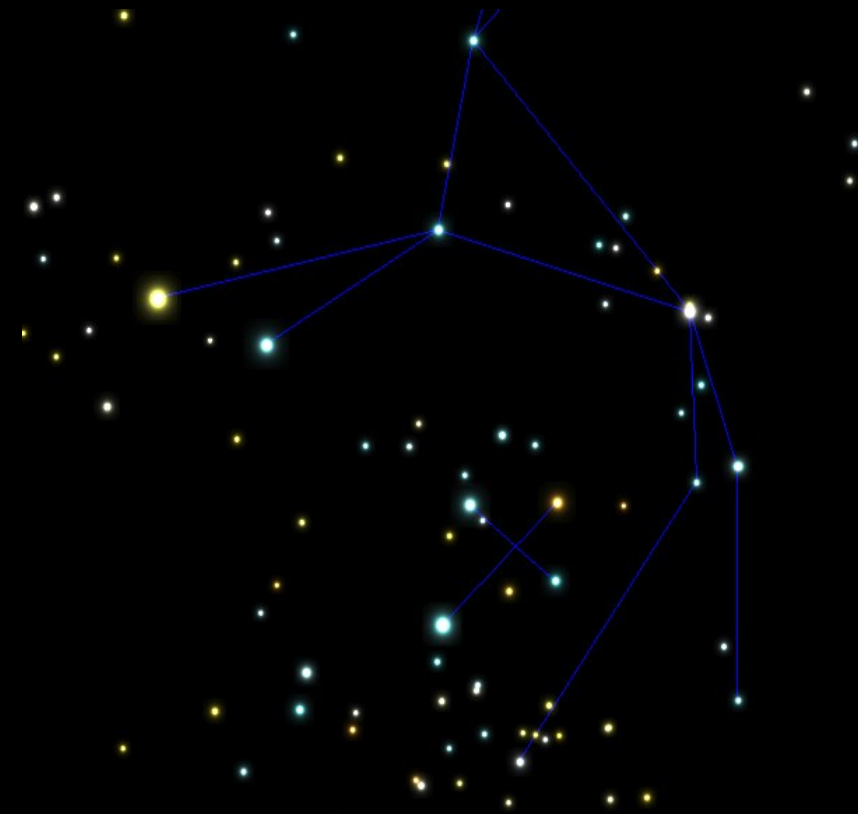


Nada mais natural, portanto, que se aplique um **método de localização e posição** dos  
astros na “Esfera Celeste”

Este método utiliza um Sistema de Coordenadas, como veremos adiante em detalhes...

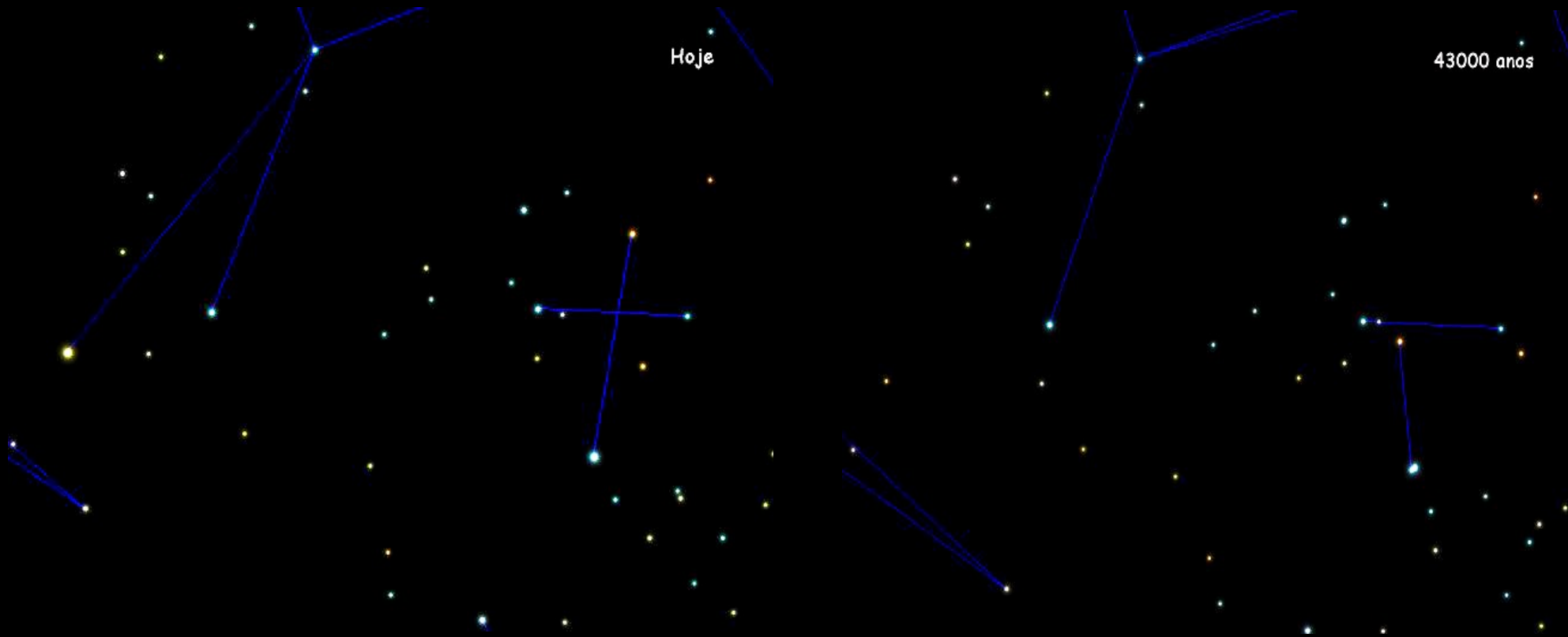


Entretanto, é preciso ficar claro que nas Constelações...



...as estrelas não estão próximas, não estão ligadas fisicamente...! ou seja, não estão gravitacionalmente ligadas....

## Outra informação relevante sobre as Constelações



As estrelas não estão realmente fixas, já que as constelações se alteram com o tempo devido ao Movimento Próprio das estrelas e do Movimento na Galáxia.

Vamos então explorar as “ferramentas” desenvolvidas para posicionar os astros, acompanhar e prever seus movimentos

Esta área do conhecimento é conhecida como  
“Astronomia Fundamental de Posição”

Astronomia de Posição é a mais antiga das ciências

Desde a pré-história, as sociedades têm um grande interesse pela **posição** e **movimento dos astros, já que os movimentos**, ligados aos ciclos naturais (dia e noite, estações do ano, etc.), regiam as atividades econômicas (plantação e colheita, criação de animais, etc.)

Além disto, a necessidade de se **localizar** durante longas viagens, **medir** a **passagem do tempo** de modo cada vez mais preciso, estimulou o desenvolvimento tanto da astronomia como de outras ciências como a álgebra e a geometria.

Visa estudar **não somente** o **movimento** dos astros, mas também suas **posições relativas**, variações de suas posições, previsão da posição que os astros ocuparam no passado ou vão ocupar no futuro.



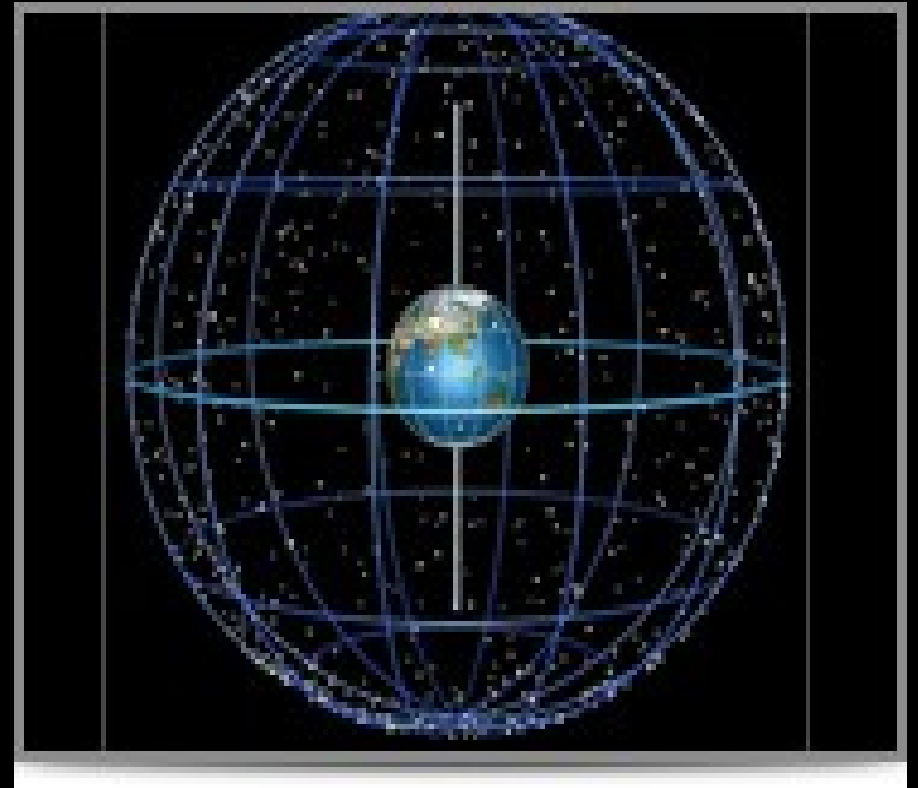
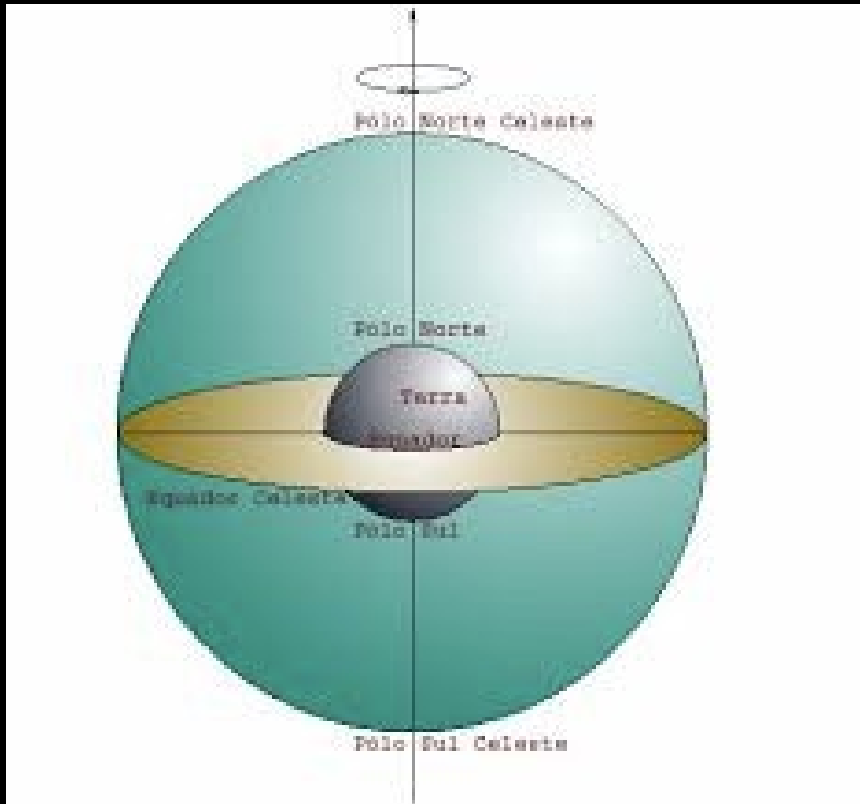
## “Astronomia Fundamental de Posição”

No estudo das **posições** é **necessário** desenvolver “**Sistemas de Referência Astronômico**” construídos e utilizados para localizar um astro.

No estudo dos **movimentos** vamos ver o “**movimento diurno**” e “**anual**”.

Equaciona matematicamente os fenômenos descritos, onde estas equações representam a história de cada astro: **o passado, presente e futuro da estrela, planeta ou satélite.**

A posição de um astro no céu pode ser determinada utilizando **referências** simples de serem entendidas.

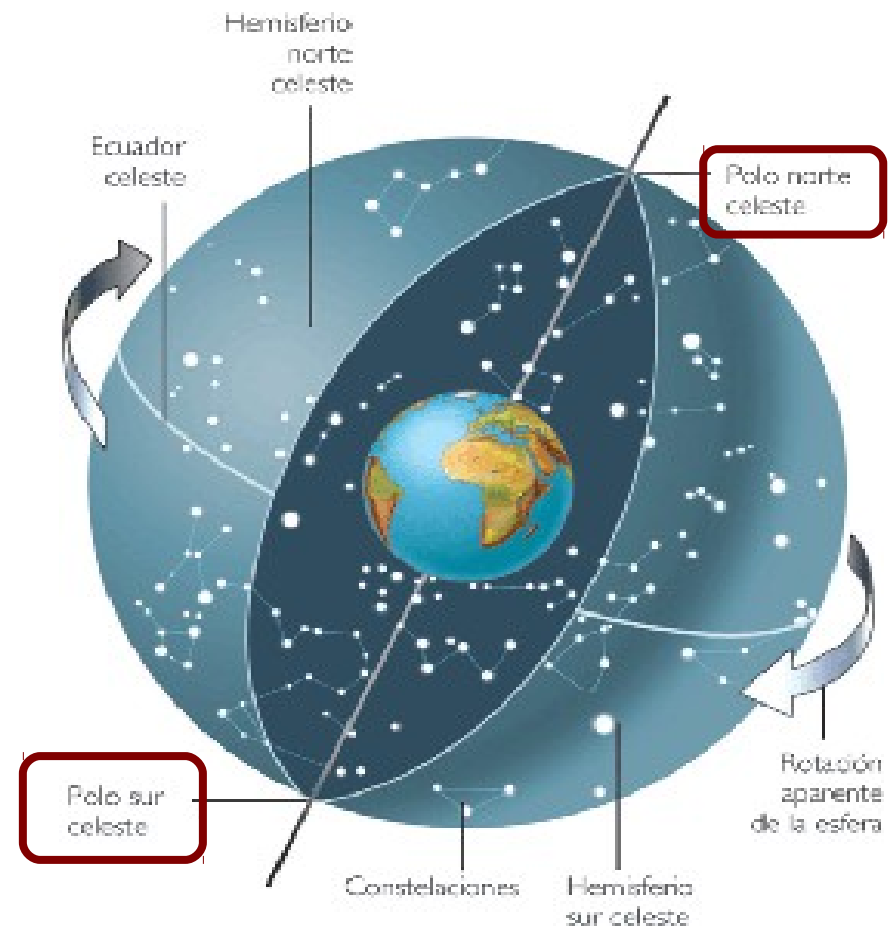


**1a - Equador Celeste**, por ex., seria um plano, prolongamento do Equador Terrestre.

2a - Os polos celeste norte e sul (PCN, PCS) são localizados a partir do **movimento diurno dos astros** (Fig. acima)

Este movimento nos dá a impressão de que a Esfera Celeste gira de leste para oeste em torno de um eixo imaginário, que seria o prolongamento do eixo de rotação da Terra

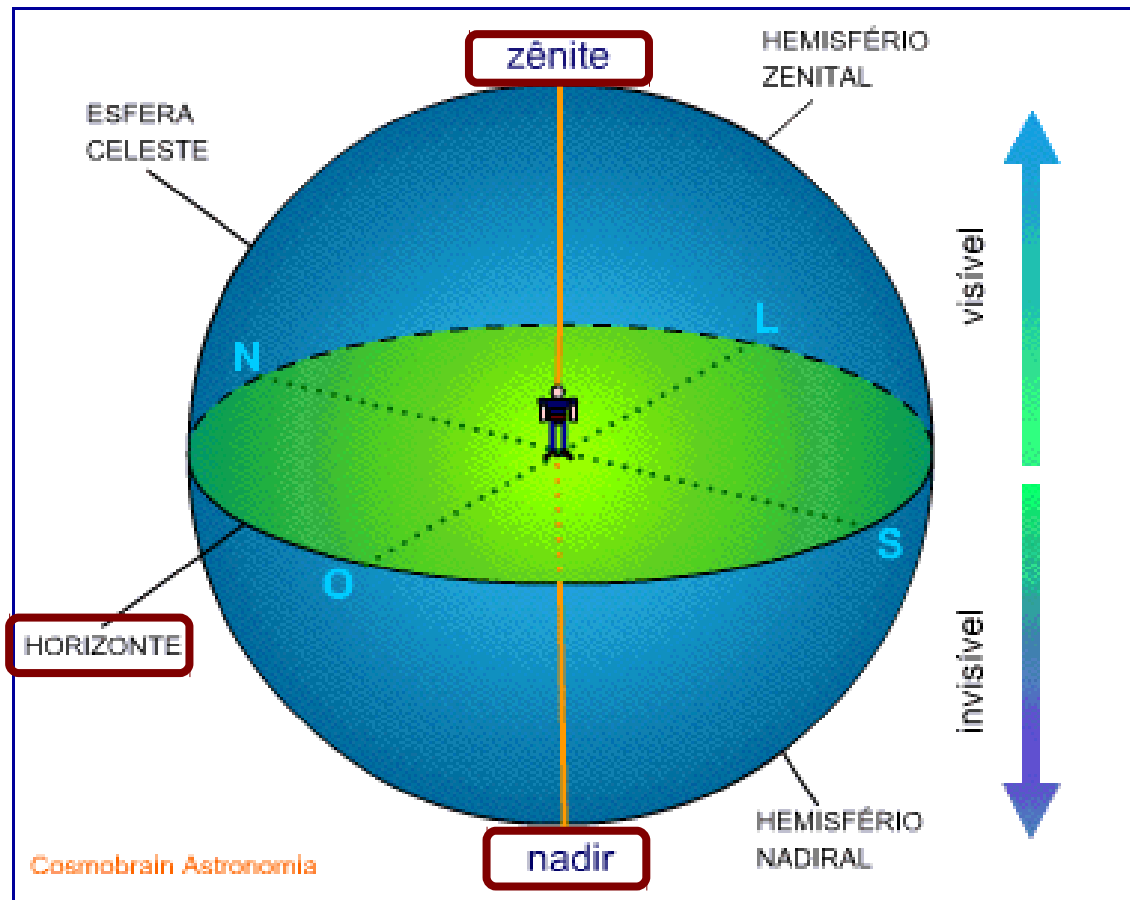
Este eixo intercepta a Esfera Celeste em 2 pontos fixos, definidos como **polos celeste norte e sul (PCN, PCS)**



Os antigos gregos definiram também:

### 3a- Planos e pontos de referência úteis para posicionar os astros no céu

**Zênite:** Ponto máximo acima da cabeça



**Horizonte:**

**Plano** onde se encontra **observador**

Projetado na Esfera Celeste, seria o círculo máximo da Esfera Celeste que passa pelo centro da Esfera dividindo-a em 2 hemisférios: **Zenital e Nadiral**

**Nadir:** Ponto diametralmente oposto ao Zênite



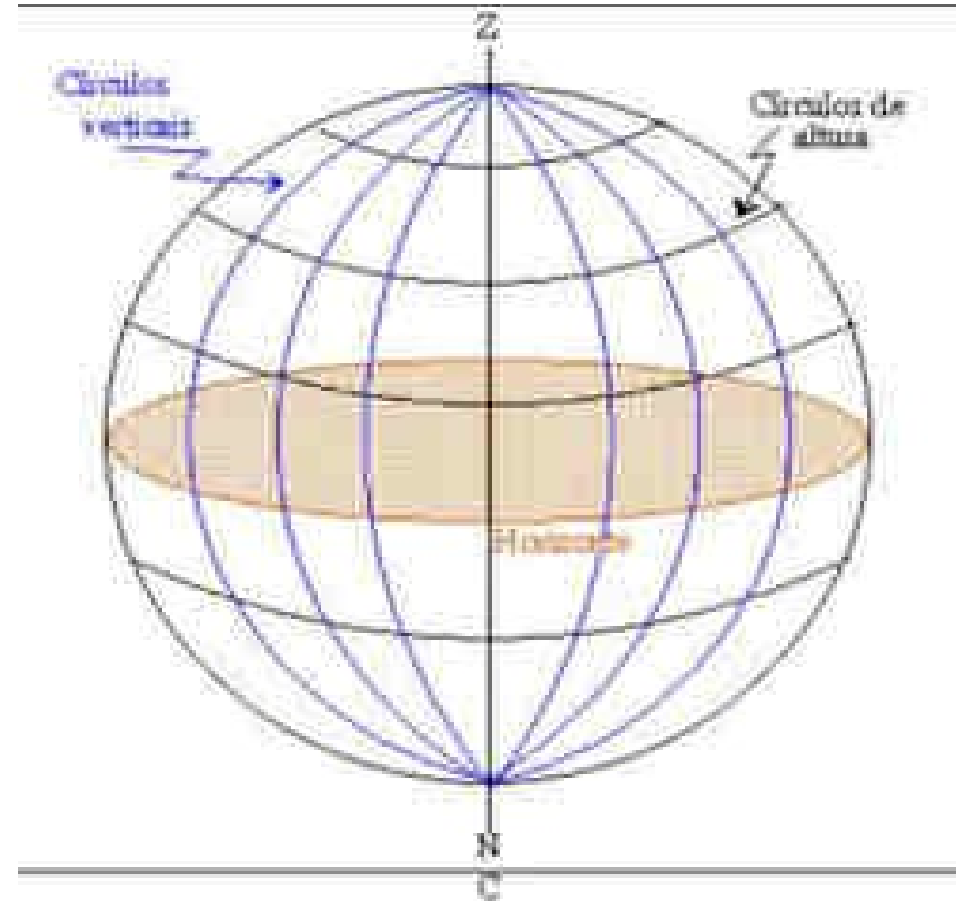
No **referencial do observador**, temos as referências:

### Círculo Vertical:

**Semi-círculos imaginários** máximos da Esfera Celeste que começam no Zênite e terminam no Nadir.

### Círculo de Altura:

**Qualquer círculo** da esfera celeste paralelo ao Horizonte, também chamado de **Almucântara**, ou **Paralelo de Altura**.



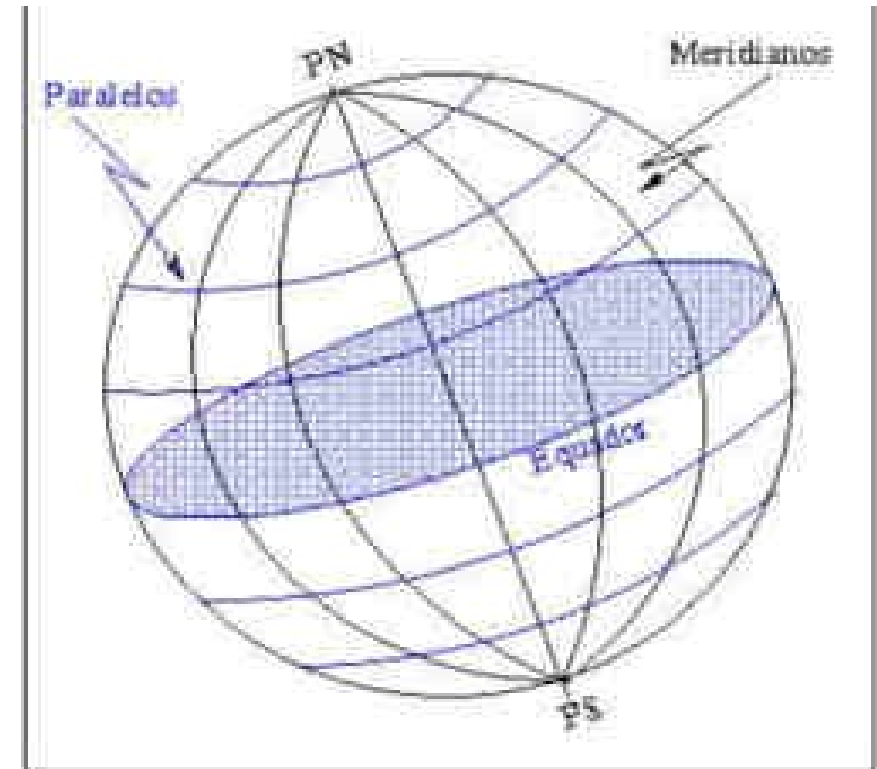
**No referencial da Esfera Celeste**  
...que não depende do local do observador

**Círculo Horário ou Meridiano:**

Qualquer círculo máximo da Esfera Celeste que contém os dois polos celestes. O Meridiano que passa pelo Zênite se chama **Meridiano Local**

**Paralelo ou Círculo Diurno:**

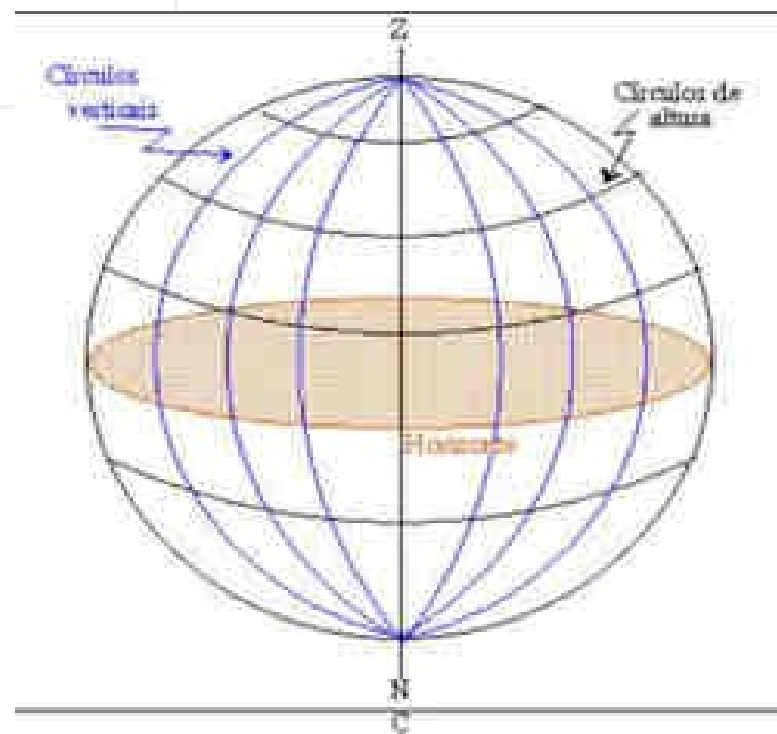
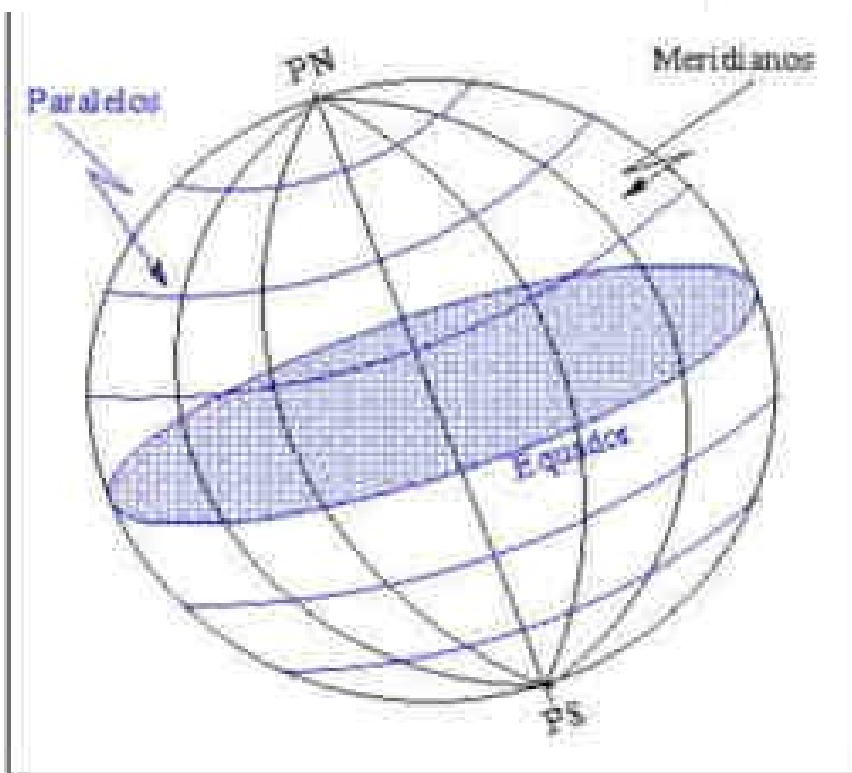
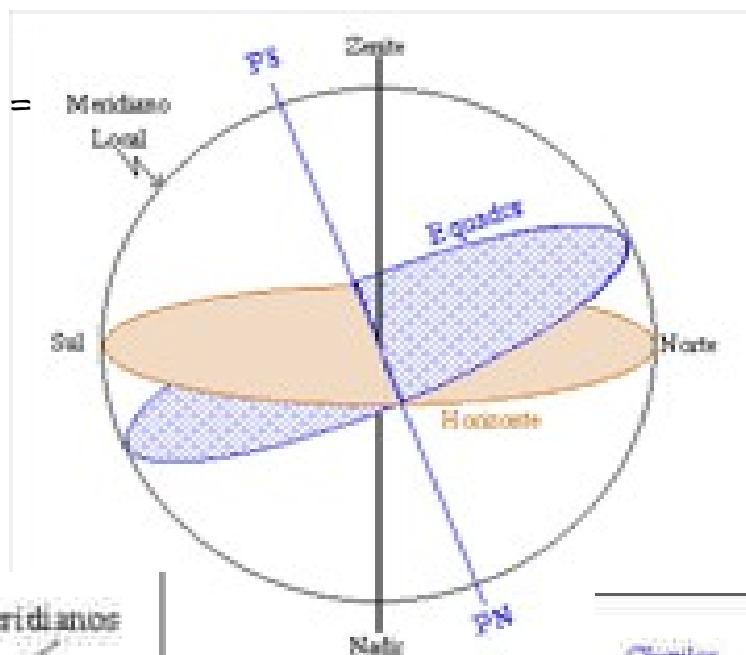
Qualquer círculo da Esfera Celeste paralelo ao Equador Celeste Também chamado Paralelo.



# Pontos e Planos de Referência

...em azul, da Esfera Celeste; em vermelho, do Observador

Que passa pelo Zênite =



# Métodos para Determinação da Posição dos Astros

## Sistemas de Referência e de Tempo

1. Sistema de Coordenadas Astronômico Horizontal ou Azimutal - SH.
2. Sistema de Coordenadas Astronômico Equatorial Celeste - SEC.
3. Sistema de Coordenadas Astronômico Equatorial Horário - SEH.
4. Sistema de Coordenadas Astronômico Galáctico - SG.

Em qualquer **Sistema de Coordenadas** a **posição** é determinada a partir de  
2 informações:

- 1 – Plano de Referência
- 2 – Coordenadas (x, y)

No caso da Astronomia, a medida de **posição** é determinada a partir de um **Plano de Referência** e 2 **ângulos de posição**, já que estas determinações são realizadas na projeção da Esfera Celeste.



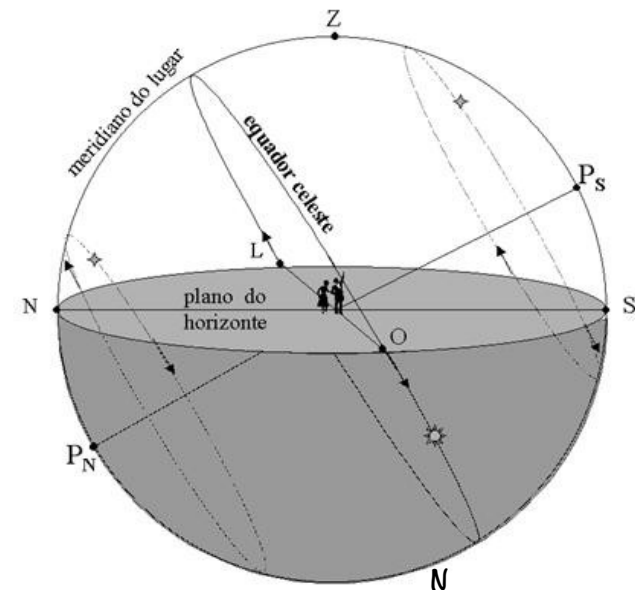
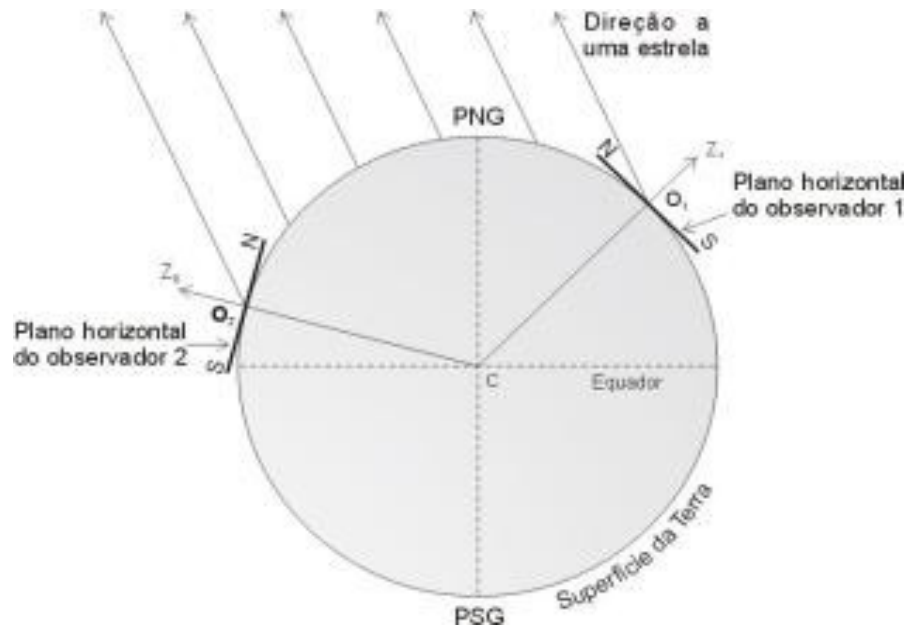
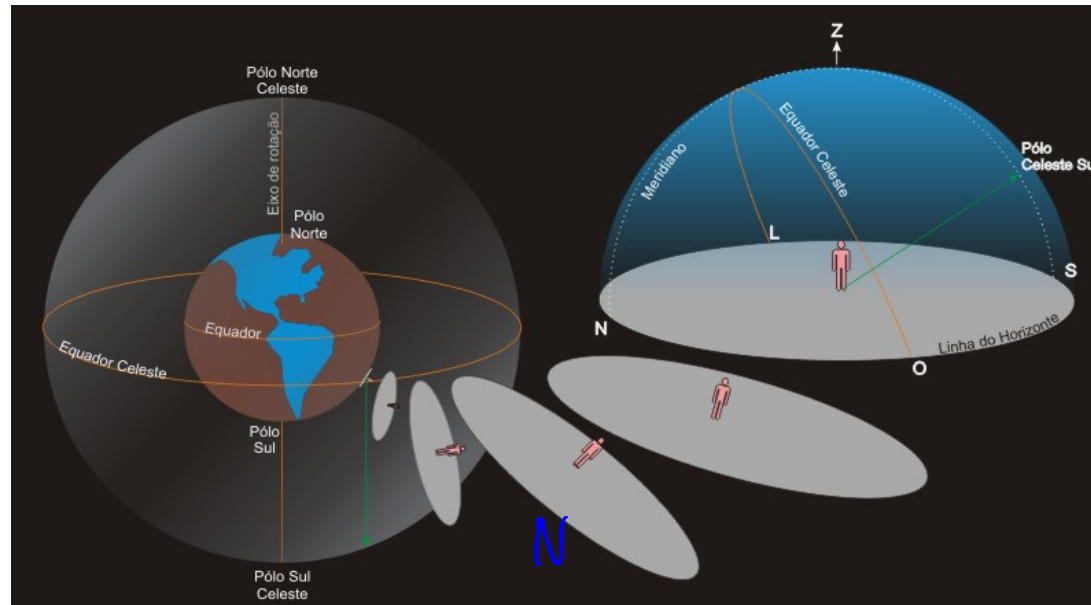
**Um dos ângulos** é medido sobre um Plano Fundamental (PF) a partir de uma origem.  
**O outro**, medido perpendicularmente ao PF.

Vamos ver a seguir como são definidas estas referências nos 4 Sistemas de Coordenadas Astronômicos estudados aqui...





SCH - É um sistema local pois depende do lugar e do instante da observação, portanto, é limitado.



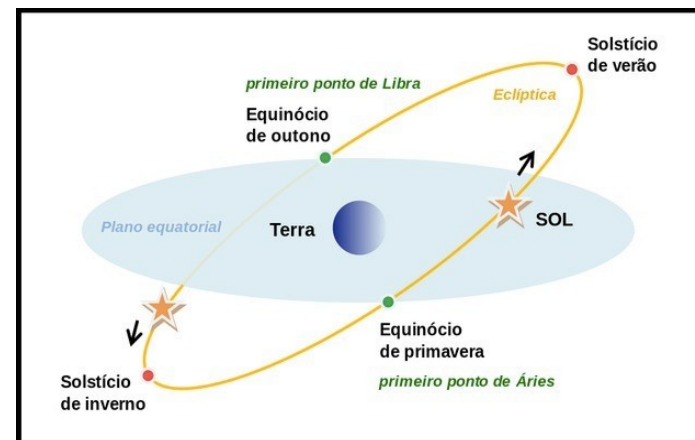
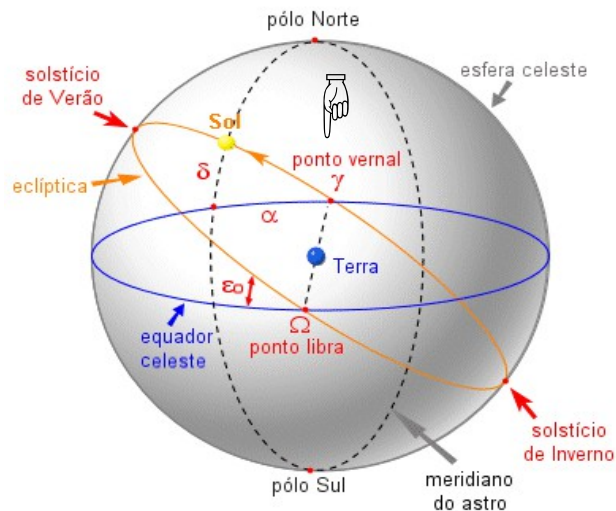
## 2-Sistema de Coordenadas Equatorial Celeste – SEC

...a Esfera Celeste é a referência....

Durante a trajetória aparente do Sol (Eclíptica - Figs abaixo) existem 4 pontos\* de referência e de relevância para o SEC.

**(1)- Ponto Vernal, Gama ou Aries - ( $\gamma$ )** e **(2)- Ponto Libra - ( $\Omega$ )**: são pontos imaginários que resultam do cruzamento da trajetória aparente anual do Sol com o Equador Celeste, conhecidos como **Equinócio da Primavera** no HN (23 Setembro) e **Outono** HS (21 de Março). (Veremos mais detalhes adiante em Estações do Ano).

**(3)- Pontos de culminação máxima e (4) mínima**: corresponde as alturas máxima e mínima que o Sol atinge na Eclíptica durante o movimento de translação – os **Solstícios de Verão** no HN (21 de junho) e **de Inverno** no HS (22 dezembro)

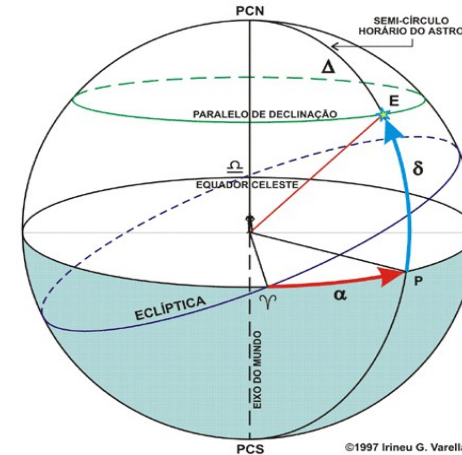
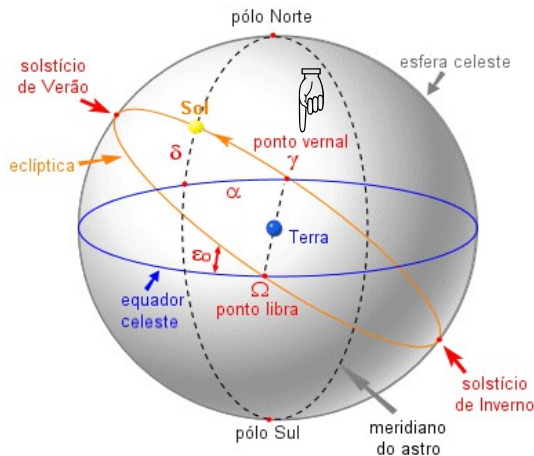


\* **Importância destes pontos:** estão associados a estações do ano. Veremos mais detalhes a seguir...

## Definindo as Referências no SEC

**Plano de Referência = Plano Fundamental – Equador Celeste**

**Coordenadas – 2 ângulos : Ascensão Reta ( $\alpha$  ou AR) e Declinação ( $\delta$ )**



**$\alpha$  ou AR** ( $0h \leq \alpha \leq 24 h$ , ou expresso em graus e horas  $0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$ )

É o ângulo medido sobre o **equador celeste**, com **origem** no meridiano que passa pelo **Ponto Áries** (Gama ou Vernal) e **extremidade no Meridiano do Astro** (sentido anti-horário)

**Declinação ( $\delta$ )** ( $-90^\circ \leq \delta \leq +90^\circ$ ). **Nos Pólos: PNC (positivo) e PSC (negativo)**

É ângulo medido sobre o meridiano do astro (perpendicular ao equador), com origem no equador e extremidade no astro.

Complemento de  $\delta$  é a distância polar ( $\Delta$ ) - ( $\delta + \Delta = 90^\circ$ ), sendo que os valores estão na faixa:  
( $0^\circ \leq \Delta \leq 180^\circ$ )

### 3. Sistema Equatorial Horário - SEH

**Plano Fundamental:** o **Equador Celeste** (cuidado!...é a linha verde)

**Coordenadas – 2 ângulos:** **Declinação ( $\delta$ )** e **Ângulo Horário (H)**

**Declinação ( $\delta$ )** ( $-90^\circ \leq \delta \leq +90^\circ$ )

Ângulo medido sobre o Meridiano do Astro (perpendicular ao equador), c/ origem no **equador** e extremidade no astro.

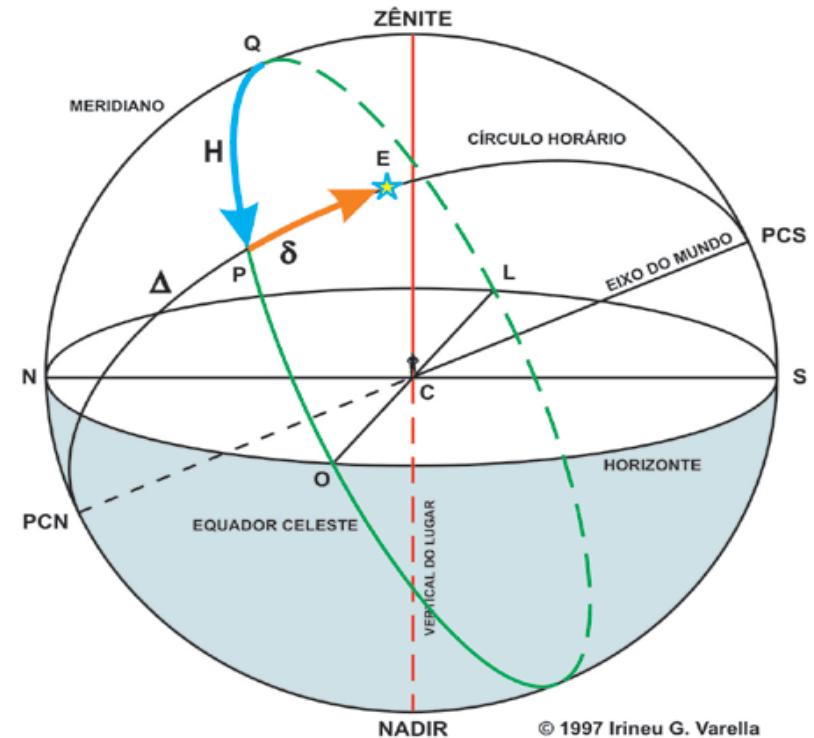
Complemento de  $\delta$  é a distância polar ( $\Delta$ )

( $\delta + \Delta = 90^\circ$ )      ( $0^\circ \leq \Delta \leq 180^\circ$ )

**Ângulo Horário (H)** ( $-12h \leq H \leq +12h$ )

Ângulo medido sobre o equador (linha verde), com origem no **meridiano local** (linha que passa p/ PCN, PCS e passa pelo **Zênite**) e extremidade no meridiano do astro, contado a Oeste.

- Sinal negativo (leste do meridiano)
- Sinal positivo (oeste do meridiano)

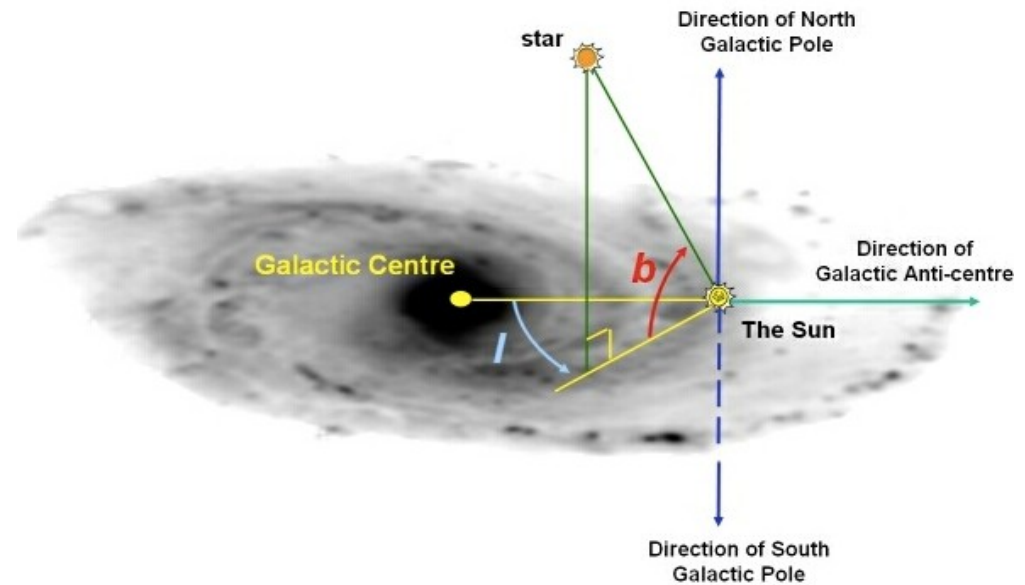
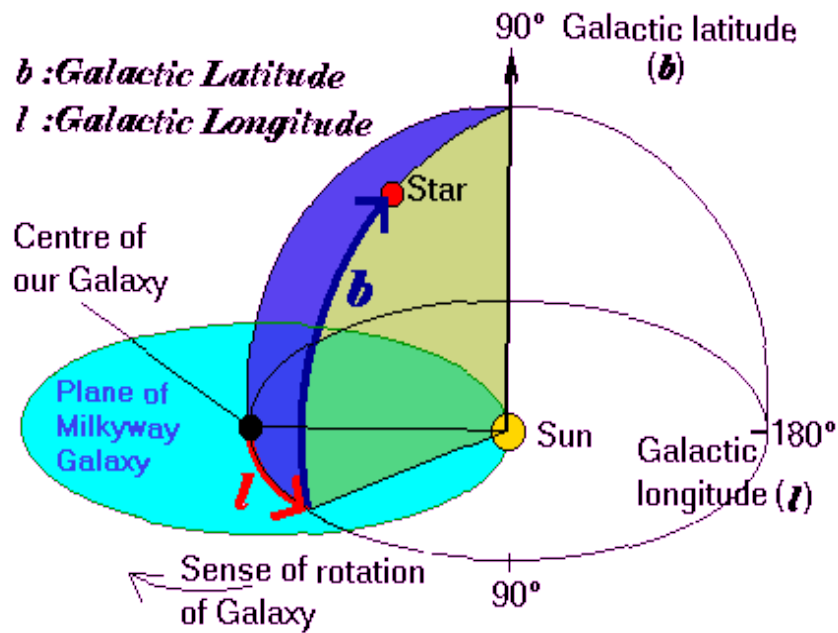


## 4. Sistema de Coordenadas Galácticas - SCG

...Utilizado apenas em astronomia extragaláctica.

**Plano Fundamental:** plano do disco da Via Láctea, o **Equador Galáctico**.

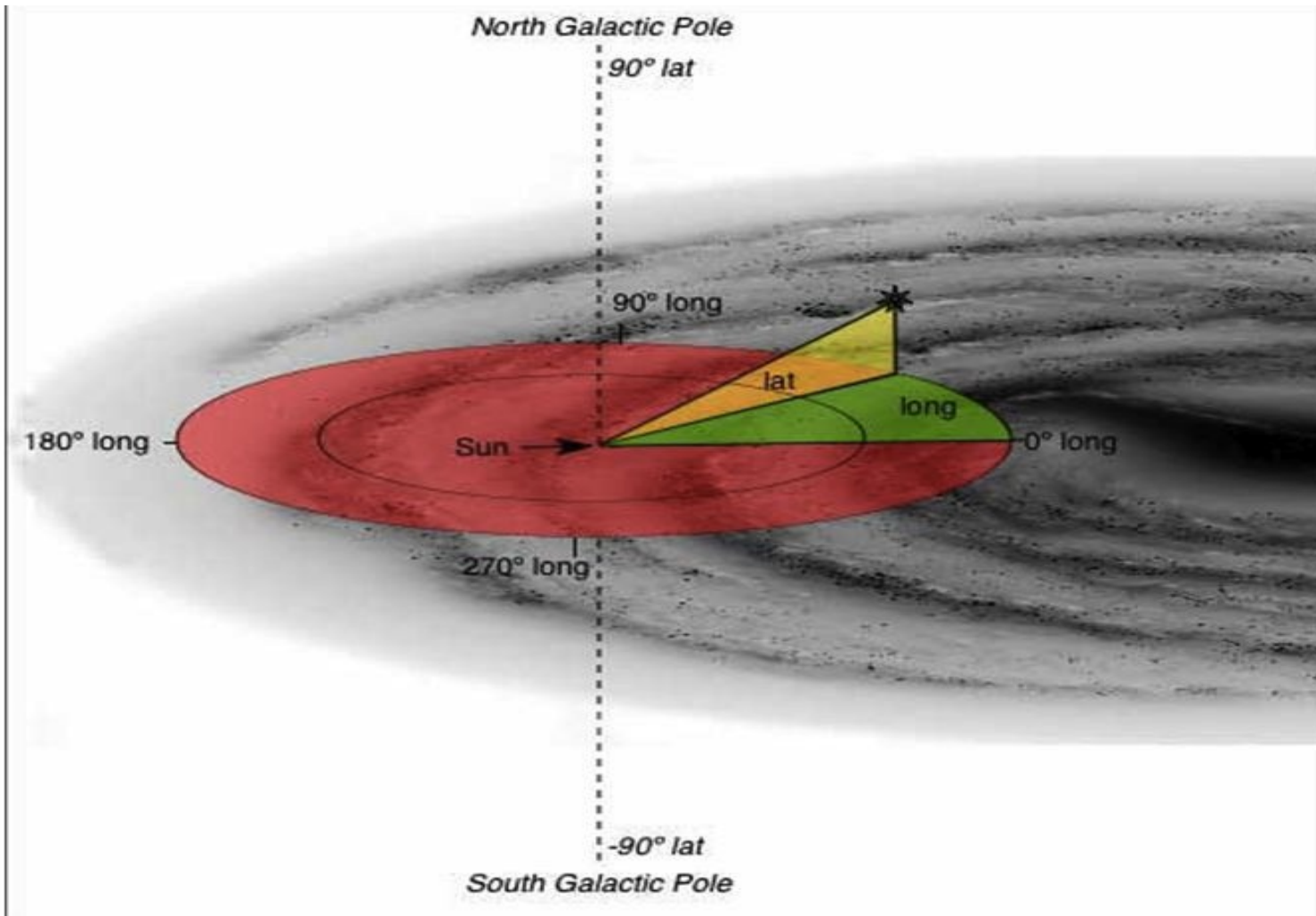
**Coordenadas - 2 ângulos:** **longitude** – ( $l$ ) e **latitude galáctica** ( $b$ ).



Origem do Sistema: **centro da Galáxia** (medida no sentido oposto ao de rotação da Galáxia).



#### 4. Sistema de Coordenadas Galácticas - SCG



Coordenadas galácticas